OLIMPIADI ITALIANE DI ASTRONOMIA 2020

Finale Nazionale - 18 luglio

Prova Teorica - Categoria Junior 1

1. L'orbita di una cometa

Una cometa viene osservata mentre passa al perielio a una distanza dal Sole di 0.581 UA. Sapendo che la sua orbita ha un'eccentricità e = 0.967, calcolate:

1. il semiasse maggiore dell'orbita;
2. la sua distanza dal Sole all'afelio;
3. il suo periodo orbitale in anni.

Soluzione:

1. Detto **a** il semiasse maggiore dell'orbita, la distanza al perielio $\mathbf{d_p}$ è data dalla relazione: $d_P = a\,(1 - e)$, da cui otteniamo:

$$a = \frac{d_p}{1-e} = \frac{0.581}{0.033} \simeq 17.6 \text{ UA}$$

2. La distanza all'afelio $\mathbf{d_a}$ è data dalla relazione:

$$d_a = a\,(1+e) = 17.6 \text{ UA} \cdot 1.967 \simeq 34.6 \text{ UA}$$

3. Dalla III legge di Keplero, il periodo orbitale **T**, espresso in anni, è:

$$T = \sqrt{a^3} \simeq 73.8 \text{ anni}$$

2. Un passaggio al meridiano

Il tempo siderale a Greenwich il 18 febbraio 2003 alle 0h di tempo universale (UT) era t = 9h 50m 12s.

1. A che UT è passata quel giorno al meridiano di Greenwich una stella circumpolare con ascensione retta α=22 h?
2. Sapendo che la magnitudine apparente della stella era m = 1.5, dite se la stella poteva essere osservata a occhio nudo all'istante del passaggio al meridiano.

Soluzione:

1. La stella è passata al meridiano quando il tempo siderale locale era t = 22 ore. In quel momento il tempo siderale trascorso dalle ore 0h UT era: Δt = 22h – 09h 50m 12s = 12h 09m 48m.
   Per trasformare questo intervallo di tempo siderale in intervallo di tempo universale (ΔUT), ricordiamo che 24h UT equivalgono a 23h 56m 4.1s di tempo siderale, quindi la costante di proporzionalità tra tempo siderale e tempo universale è:

$$K = \frac{23\text{h } 56\text{m } 4.1\text{ s}}{24\text{h}} \simeq \frac{23.9345}{24} \simeq 0.99727$$

   avremo quindi:

$$UT = 0\text{h} + \Delta UT = \Delta t \cdot K \simeq 12\text{h } 09\text{m } 48\text{m} \cdot 0.99727 \simeq 12.1633 \text{ h} \cdot 0.99727 \simeq 12.1301 \text{ h} \simeq 12\text{h } 7\text{m } 48\text{s}$$

2. Poiché la stella è circumpolare a Greenwich e molto luminosa, sarebbe stata sicuramente visibile con il Sole a meno di circa 12 gradi sotto l'orizzonte (inizio del crepuscolo astronomico). Trascurando il valore dell'equazione del tempo, possiamo stimare che l'angolo orario del Sole $\mathbf{h_{Sole}}$ (che non differisce mai per più di 16 minuti dall'angolo orario del Sole medio) era:

$$h_{Sole} \simeq UT - 12\text{h} \simeq 0\text{h}$$

   Quindi il Sole era in prossimità del passaggio al meridiano in direzione sud, ovvero ci si trovava in pieno giorno e quindi la stella non poteva essere osservata a occhio nudo.

3. Un'osservazione di Venere

La foto a sinistra mostra il pianeta Venere osservato dalla Terra all'inizio del mese di giugno 2020. Il Sole illumina direttamente il bordo a destra di Venere, mentre il bordo sinistro risulta appena visibile a causa della luce diffusa dall'atmosfera del pianeta.

1. A quale delle seguenti configurazioni si stava avvicinando Venere? Giustificate la vostra risposta.
   a) massima elongazione est;
   b) massima elongazione ovest;
   c) congiunzione inferiore;
   d) congiunzione superiore.
2. A quale dei seguenti valori era più prossima la distanza di Venere dalla Terra quando è stata scattata la foto?
   a) 0.277 UA   b) 0.695 UA   c) 1.72 UA

Soluzione:

1. Venere si trovava in prossimità della congiunzione inferiore (risposta c). Ciò in quanto il pianeta appare quasi in fase "nuova", con solo una piccolissima porzione direttamente illuminata. Alle massime elongazioni Venere appare in fase di "primo quarto" o di "ultimo quarto", mentre quando si avvicina alla congiunzione superiore la sua fase è prossima a "piena".

2. La distanza era di circa 0.277 UA (risposta a). Infatti in congiunzione inferiore, considerando orbite circolari, la distanza Venere-Terra $\mathbf{D_{VT}}$ è data semplicemente dalla differenza tra i semiassi maggiori dell'orbita della Terra $\mathbf{a_T}$ e di Venere $\mathbf{a_V}$:

$$D_{VT} = a_T - a_V \simeq 149.6 \cdot 10^6 \text{ km} - 108.2 \cdot 10^6 \text{ km} \simeq 41.4 \cdot 10^6 \text{ km} \simeq 0.277 \text{ UA}$$

4. Gravità artificiale

La stazione spaziale Endurance del film Interstellar, si trova nello spazio a molti anni luce di distanza dalle stelle più vicine e ruota su sé stessa a velocità costante per creare, nella sua parte più esterna, una gravità pari a un terzo di quella presente sulla superficie della Terra. Sapendo che il raggio dell'Endurance è di 298.0 m, calcolate:

1. quanti giri su sé stessa effettua ogni ora;
2. quanto vale l'accelerazione di gravità nella sala motori, posta al centro della stazione spaziale.

Soluzione:

1. L'accelerazione di gravità nella parte più esterna dell'Endurance vale

$$g_E = \frac{g_{Terra}}{3} \simeq 3.269 \frac{m}{s^2}$$

Detti $\boldsymbol{\omega}$ la velocità angolare, $\mathbf{V_T}$ la velocità tangenziale e $\mathbf{r}$ il raggio della stazione spaziale, l'accelerazione centrifuga $\mathbf{a_c}$ dovuta alla rotazione vale

$a_c = \omega^2 \cdot r = \frac{V_T{}^2}{r}$, da cui ricaviamo:

$$V_T = \sqrt{g_E \cdot r} \simeq \sqrt{3.269 \frac{m}{s^2} \cdot 298.0 \text{ m}} \simeq 31.21 \frac{m}{s}$$

Il periodo di rotazione $\mathbf{T}$ vale:

$$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{V_T} \simeq \frac{2 \cdot \pi \cdot 298.0}{31.21} \simeq 60 \text{ s} \simeq 1 \text{ m}$$

Quindi in un'ora l'Endurance effettua un numero di giri $\mathbf{N}$ su sé stessa pari a:

$$N = \frac{3600 \text{ s}}{60 \text{ s}} = \frac{60 \text{ m}}{1 \text{ m}} = 60 \text{ giri}$$

2. Poiché la stazione spaziale è molto lontana da una qualsiasi stella, possiamo trascurare gli effetti gravitazionali delle stelle. Dalla relazione $a_c = \omega^2 \cdot r$ vediamo che a parità di velocità angolare l'accelerazione centrifuga diminuisce con il raggio. Al centro dell'Endurance $r = 0$ e avremo quindi:

$$g_E = 0$$

5. L'astronave Cosmoview in panne

L'astronave da crociera Cosmosview della compagnia SSC (Space Shipping Company), impegnata in un tour del Sistema Solare, subisce un guasto ai motori nel punto lungo il segmento congiungente Terra-Sole nel quale l'attrazione gravitazionale della Terra è un centesimo di quella del Sole.

1. A che distanza dalla Terra si trova la Cosmosview?
2. Quanto tempo impiegherà una richiesta d'aiuto inviata via radio a raggiungere i radiotelescopi terrestri?

Trascurate gli effetti gravitazionali della Luna e degli altri pianeti, trascurate le dimensioni della Terra e considerate la sua orbita circolare.

Soluzione:

1. Per calcolare la distanza a cui si trova la Cosmosview dalla Terra, lungo la congiungente Terra-Sole, dobbiamo considerare il fatto che l'astronave si trova nel punto in cui l'attrazione gravitazionale della Terra è 1/100 di quella del Sole. Dette **G** la costante di gravitazione universale, $\mathbf{M_S}$, $\mathbf{M_T}$ e $\mathbf{m_A}$ le masse rispettivamente di Sole, Terra e astronave, **D** la distanza Terra-Sole (ovvero il semiasse maggiore dell'orbita terrestre) e infine **d** la distanza richiesta dell'astronave dalla Terra, vale la relazione:

$$\frac{G \cdot M_T \cdot m_a}{d^2} = \frac{1}{100} \cdot \frac{G \cdot M_S \cdot m_a}{(D-d)^2}$$

Da questa uguaglianza ricaviamo:

$$\frac{D-d}{d} = \sqrt{\frac{M_s}{100\ M_T}}$$

e infine:

$$d = \frac{D}{\sqrt{\frac{M_s}{100\ M_T}} + 1} \simeq \frac{149.6 \ \cdot \ 10^6 \text{ km}}{\sqrt{\frac{1.989 \ \cdot \ 10^{30} \text{ kg}}{5.972 \ \cdot \ 10^{26} \text{ kg}}} + 1} \simeq 2.548 \ \cdot \ 10^6 \text{ km}$$

2. Per calcolare il tempo $\mathbf{t}$ che una richiesta d'aiuto via radio impiega per raggiungere i radiotelescopi terrestri, dobbiamo ricordare che i segnali radio sono onde elettromagnetiche e pertanto viaggiano alla velocità della luce:

$$t = \frac{d}{c} \simeq \frac{2.548 \ \cdot \ 10^6 \text{ km}}{299792 \ \frac{\text{km}}{\text{s}}} \simeq 8.50 \text{ s}$$

.